

補助事業番号 27-136  
補助事業名 平成27年度 熱電変換材料を用いた排熱有効利用研究 補助事業  
補助事業者名 山梨大学クリーンエネルギー研究センター 入江 寛

## 1 研究の概要

熱を電力に変換する「熱電変換材料」の創製を行った。この熱電変換技術の実用化にあたって、①環境にやさしい元素から構成される熱電変換材料、②熱電変換素子はp, n型一対の熱電変換材料から構成されるため、p, n型両方の熱電変換材料の創製、③熱を電力に変換する効率の指標である無次元性能指数 $ZT$ が、実用化に求められる1以上、④試作した熱電変換素子の出力特性の評価を行うことによって実用化の可能性検討を目指して、研究を進めた。

## 2 研究の目的と背景

エネルギー資源にめぐまれないわが国にとって、地熱は純国産の再生可能な貴重なエネルギー資源である。また、日本の消費エネルギーの約6割を廃熱の形で損失している。これら熱を有効利用すべく熱を電力に変換する「熱電変換材料」の創製を行った。また、近年、環境発電もしくはエナジーハーベスティングといった言葉もよく聞かれる。これは、これまでほとんど顧みられることのなかった身の回りに存在する未利用のエネルギーを電力に変換する技術であり、ここでは、未利用の熱エネルギーを有効に利用することを考えた。

## 3 研究内容

<http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~scesgroup/>

### (1) 高効率熱電変換材料に関する研究

高効率な熱電変換材料は高いゼーベック係数 $S$ 、高い電気伝導率 $\sigma$ 、低い熱伝導率 $\kappa$ を同時に満足する必要があるが、それらの物性は相矛盾し、同時に満足することは困難である。従って、現在、実用化されている熱電変換材料はビスマステルル( $\text{BiTe}$ )、ビスマス鉛テルル( $\text{BiPbTe}$ )など毒性のある元素が用いられている。本研究でのブレークスルーは、一般的なありふれた物性である小さな $S$ 、大きな $\sigma$ 、大きな $\kappa$ の材料、大きな $S$ 、小さな $\sigma$ 、小さな $\kappa$ の材料を組み合わせ、トータルとして無次元性能指数 $ZT$ が、実用化の目安である $ZT>1$ を達成したことである。

### (2) 外場による熱電変換物性の向上

熱電物性としてのゼーベック係数 $S$ 、電気伝導率 $\sigma$ は、トレードオフ関係にあり、 $S$ 向上に従い $\sigma$ は低下( $\sigma$ 向上に従い $S$ は低下)する。ここでは外場によって、 $S$ 、 $\sigma$ 共に向上する系を考察し、光照射によって、 $S$ 、 $\sigma$ 共に向上させることに成功した。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究の成果を活かして、熱電モジュール化（p, n型一対の熱電変換素子を数十個直列接続）できれば以下のように実社会に活用できる。熱電発電技術の用途として、太陽熱や地中熱などの再生可能エネルギーを熱源、もしくは焼却炉排熱や燃料電池排熱、自動車排熱など人工排熱を熱源とし、大規模発電による電力会社への売電としての普及やコジェネレーションシステムや住宅用および農業用の自己完結型システムとしての普及が見込まれる。さらには環境発電（エナジーハーベスティング）として知られる、身の回りの未利用微小熱エネルギーを用い、その微小熱を電力に変換し、電池交換が不要で低消費電力の小規模独立システムとしての普及が想定される。熱電発電技術は、「熱のあるところに電気あり」と言われるように、熱さえあれば電力に変換でき、かつ、熱を電力に直接変換するために二酸化炭素排出がなく、駆動部が小さく振動もないため故障もなく信頼性も高い技術である。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は山梨大学クリーンエネルギー研究センターに属し、本学は「地域の中核」として地域の知の拠点としての役割を求められている。またクリーンエネルギー研究センターは文字のごとくクリーンなエネルギーを獲得する材料やプロセスを研究する機関である。この観点から、本研究は地域の知の拠点として県内の新産業創成に資することを意図し、さらには熱を電力に直接変換するクリーンエネルギー獲得するものであり、まさに研究代表者の研究の主流である。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【知財等（出願中等を含む）】国内出願1件

・熱電素子およびその製造方法

発明者 掛本博文、入江 寛、渡邊拓哉

出番人 山梨大学

出願日 2015年5月7日

出願番号 特願2015-094660

【発表論文】国際（欧文）1報

・ Kenta Suzuki, Takuya Watanabe, Hirofumi Kakemoto, Hiroshi Irie,  
Photo- and gas-tuned, reversible thermoelectric properties and anomalous  
photo-thermoelectric effects of platinum-loaded tungsten trioxide  
Journal of Applied Physics, 119, 245109/1-245109/7 (2016)

【学会発表】 国際3件、国内1件

- ・ Hiroshi Irie, Kenta Suzuki, Takuya Watanabe, Hirofumi Kakemoto  
Anomalous Photo-Thermoelectric Effects of Platinum-Loaded Tungsten Trioxide  
14th European Conference on Thermoelectrics (ECT2016)  
2016/9/20-23, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal
- ・ Hiroshi Irie, Takuto Kawano, Hirofumi Kakemoto  
Silver-Added Niobium(V) Oxide as a Thermoelectric Material Prepared by Spark Plasma Sintering  
2015 MRS Fall Meeting & Exhibit  
2015/11/29-12/4, Hynes Convention Center, Boston, USA
- ・ Takuya Watanabe, Ikumi Hasegawa, Hirofumi Kakemoto, Hiroshi Irie  
Thermoelectric properties of SrTiO<sub>3</sub> - TiN composite  
34th Annual International Conference on Thermoelectrics, 13th European Conference on Thermoelectrics  
2015/6/28-7/2, Dresden, Germany
- ・ Takuya Watanabe, Kouhei Shimoyama, Hirofumi Kakemoto, Hiroshi Irie  
Thermoelectric Properties of Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Rh<sub>2</sub>O<sub>y</sub> Bulk Materials  
Honda Y-E-S Forum 2016  
2016/11/19, 東京大学 情報学環 福武ホール

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

Photo- and gas-tuned, reversible thermoelectric properties and anomalous photo-thermoelectric effects of platinum-loaded tungsten trioxide  
(<http://dx.doi.org/10.1063/1.4954874>)



**Photo- and gas-tuned, reversible thermoelectric properties and anomalous photo-thermoelectric effects of platinum-loaded tungsten trioxide**

Kenta Suzuki, Takuya Watanabe, Hirofumi Kakemoto, and Hiroshi Irie

Citation: *Journal of Applied Physics* **119**, 245109 (2016); doi: 10.1063/1.4954874

View online: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4954874>

View Table of Contents: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap/119/24?ver=pdfcov>

Published by the AIP Publishing

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学クリーンエネルギー研究センター  
(ヤマナシダイガククリーンエネルギーケンキュウセンター)

住 所： 〒400-8511  
山梨県甲府市武田4-3-11

申 請 者： 教授 入江 寛 (イリエ ヒロシ)

担 当 部 署： 太陽エネルギー変換研究部門  
(タイヨウエネルギーヘンカンケンキュウブモン)

E - m a i l : [hirie@yamanashi.ac.jp](mailto:hirie@yamanashi.ac.jp)

U R L : <http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~scsesgroup/index.html>